

机械设计制造及其自动化专业本科系列教材

JIXIE JINGDU  
JIANCE SHIYAN ZHIDAO

# 机械精度检测实验指导



主 编 易力力

副主编 康 玲 陈柳松



重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书是教育部产学合作协同育人项目的成果,从双一流学科和新工科建设出发,将实验教学与工程应用紧密结合,其主要内容包括:轴孔类零件测量及合格性判断、形位公差测量、零件表面粗糙度测量、齿轮参数及精度测量实验,此外,本书还引入前沿的技术发展现状,阐述了先进机械精度检测技术内容。

本书可作为高等学校机械类各专业的实验教学用书,也可作为近机械类和非机械类专业的机械设计课程配套实验教学用书,部分实验内容还可作为开展大学生机械创新设计竞赛活动的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械精度检测实验指导 / 易力力主编. -- 重庆 :  
重庆大学出版社, 2021. 5

机械设计制造及其自动化专业本科系列教材  
ISBN 978-7-5689-2622-5

I. ①机… II. ①易… III. ①机械制造—加工精度—  
检测—高等学校—教材 IV. ①TH161

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 053003 号

### 机械精度检测实验指导

主 编 易力力

副主编 康 玲 陈柳松

策划编辑:杨粮菊

责任编辑:杨粮菊 曾显跃 版式设计:杨粮菊

责任校对:王 倩 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆市国丰印务有限责任公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:8.75 字数:145 千

2021 年 5 月第 1 版 2021 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-2622-5 定价:32.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

“机械精度设计”是机械类学生必修的一门重要的专业基础课,在机械工程学科知识结构中占有重要的地位。本课程的知识内容贯穿于机械产品的设计、制造、服役、维护等全生命周期中,是学生学习后继专业课程的基础,是联系设计类课程和工艺类课程的纽带,更是学生毕业后从事专业技术工作的支撑。该课程具有“四多一广”的特点,即名词术语多、符号多、标准规定与经验解法多、抽象概念多和知识面广。该课程既需要讲授互换性标准化、计量学及质量工程等基本概念,又需要讲授机械产品精度设计的方法和产品误差的测量评定方法,是一门多种技术交叉综合课程,学生掌握难度系数较大。与这门课程对应的精度检测实验课,通过实验过程让学生加深对机械精度设计理论知识的认识和理解,学会使用各种量具和仪器,分析处理各种实验数据,培养学生具备解决复杂工程问题的能力。

依托重庆大学机械工程双一流学科、机械传动国家重点实验室和国家级机械基础实验教学示范中心等国家级教学科研平台,围绕培养高层次应用型、创新型人才目标,深化实验教学体系、内容、方法的改革,编者组织编写了《机械精度检测实验指导》。本书旨在加强学生的工程实践能力和创新能力的培养,提高学生对本门课程知识的综合运用能力和解决复杂工程问题的能力,满足产业发展对人才知识结构需求。

本书是遵循双一流学科规划及机械类专业人才培养的要求而编写的,同时也能满足近机类与非机类不同层次的教学要求。本书的编写注重了以下几个方面:

## (1) 改革验证型实验,设计综合性实验

将“以学生为中心”作为目标,增强学生的主体意识,提升课堂教学效果。设计的综合性实验让学生将理论知识、公

差标准、各种测量手段有机地结合起来,加深对知识体系的整体认识和掌握,对提高分析和解决实际工程问题的能力起到积极的促进作用。

### (2) 优化教学内容和教学环节

根据能力培养的需求,设计各板块教学内容及实施的时间、方式和要获得的学习成果,设计合理的评价体系。从能力培养的需求角度出发,将教材内容分为5个模块,即轴孔类零件测量及合格性判断、形位公差测量、零件表面粗糙度测量、齿轮参数及精度测量、先进机械精度检测技术。每一模块根据具体的培养要求,按照实验目的、实验内容、测量原理及仪器说明、实验步骤、注意事项、实验报告模板的顺序逐一展开描述,便于学生课前预习及课后完成实验数据的整理与分析。

### (3) 融合前沿技术,重构实验平台

依托机械传动国家重点实验室,在实验课程中引入前沿的机械精度检测技术和方法,使学生掌握高精度三坐标测量机、超景深显微系统、齿轮齿形齿向综合测量仪的使用和分析方法。在学习高精度三坐标测量机实验中,学生可以掌握零件平面度、圆度、同轴度等几何误差测量方法,掌握利用计算机完成测量数据检测、误差评定、误差结果分析的现代化手段,实现测量过程的自动化,同时,也能更好地激发学生的学习热情,拓展学生的思路,从而全面提升实验教学质量。

进一步提高高等学校基础课实验室的建设和管理水平,推进实验教学改革,保证教学质量,为高等学校培养适应新时代国家经济建设与社会发展需要的、具有国际竞争能力的高素质创新性人才创造条件,进行实验教学与实验教学体系改革是国家级机械基础实验教学示范中心长期以来研究的课题。本书正是在探索与研究实验教学实践的基础上,通过认真总结、不断完善而构建的。参加本书编写的有易力力(实验3、实验5、教材规划与集成)、康玲(实验2、实验4)、陈柳松(实验1、实验报告)。

几年来,在实验教学体系与实验室改革建设、实验教材的体系构成与编写、应用实践与完善中,刘飞副教授、陈锐副教授给予了悉心的指导、支持和帮助;宋朝省教授对教材的构建编写提出了宝贵的意见;本书还得到了重庆大学机械工程学院的部分资助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,希望使用本书的同行批评指正。

编者

2021年1月

# 目 录

实验 1	轴孔类零件测量及合格性判断 .....	1
实验 2	形位公差测量 .....	16
实验 3	零件表面粗糙度测量 .....	26
实验 4	齿轮参数及精度测量 .....	34
实验 5	先进机械精度检测技术 .....	50
参考文献	.....	72
附录	机械精度检测学生实验报告 .....	73

# 实验 **I**

## 轴孔类零件测量及合格性判断

---

### 1.1 实验目的

- ①掌握零件合格性判断的原则和方法。
- ②掌握确定尺寸公差和形位公差之间相互关系的原则。
- ③掌握测量器具选择的方法。
- ④掌握扭簧比较仪和内径百分表进行相对测量的原理和方法。

### 1.2 实验对象和设备

#### (1) 实验对象

如图 1.1 所示阶梯套零件中  $\phi 50$  轴及  $\phi 36$  孔的尺寸,并进行合格性判断。

#### (2) 实验设备

- ①哈量扭簧比较仪  $\phi 28 \times 0.001$  mm 及比较仪检验台。
- ②哈量内径百分表表架(测量范围为 100 ~ 160 mm)及百分表。
- ③外径千分尺。

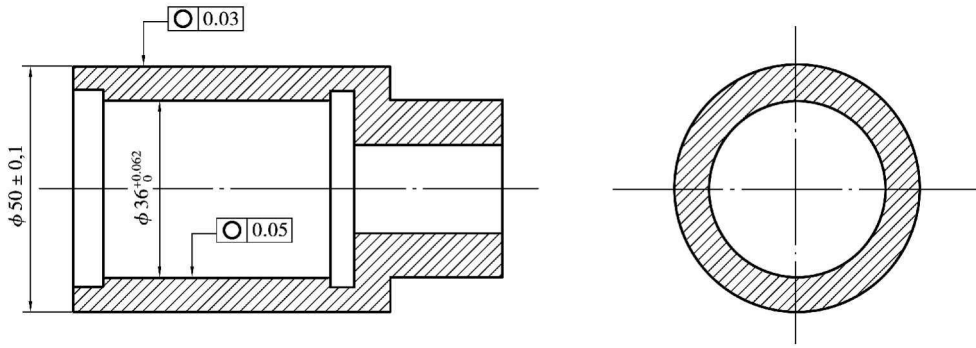


图 1.1 阶梯套

### 1.3 测量原理及仪器说明

#### 1.3.1 (GB/T 3177—2009)的适用范围

GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS) 光滑工件尺寸的检验》适用于工厂车间常用的普通计量器具(如游标卡尺、千分尺、比较仪、百分表、千分表等),检测公差等级为 IT6 ~ IT18,基本尺寸至 500 mm,采用包容原则和有配合要求的尺寸。对非配合尺寸和一般公差按不内缩方式验收。

#### 1.3.2 公差原则

公差原则是确定尺寸公差和形位公差之间相互关系的原则。公差原则包含独立原则和相关要求,相关要求分为包容要求、最大实体要求和最小实体要求。

公差原则的国家标准包括 GB/T 4249—2009《产品几何技术规范(GPS) 公差原则》和 GB/T 16671—2018《产品几何技术规范(GPS)几何公差 最大实体要求(MMR)、最小实体要求(LMR)和可逆要求(RPR)》,表 1.1 介绍公差原则的应用。

表 1.1 公差原则的应用

示例	公差原则	局部实际尺寸	允许轴线直线度误差	补偿值	边界尺寸
	遵守独立原则	$\phi 10$	$\phi 0.015$	—	—
		$\phi 9.99$			
		$\phi 9.98$			
		$\phi 9.97$			

续表

示 例	公差原则	局部实际尺寸	允许轴线直线度误差	补偿值	边界尺寸
	遵守最大实体要求 Ⓜ	$\phi 10$	$\phi 0.010$	0	单一实效边界尺寸 $\phi 10.01$
		$\phi 9.955$	$\phi 0.015$	$\phi 0.005$	
		$\phi 9.990$	$\phi 0.020$	$\phi 0.010$	
		$\phi 9.985$	$\phi 0.025$	$\phi 0.015$	
		$\phi 9.982$	$\phi 0.028$	$\phi 0.018$	
	遵守包容原则并对直线度误差有进一步要求 ⓔ	$\phi 10$	0	0	最大实体尺寸 $\phi 10$
		$\phi 9.998$	$\phi 0.002$	$\phi 0.002$	
		$\phi 9.995$	$\phi 0.005$	$\phi 0.005$	
		$\phi 9.992$	$\phi 0.008$	$\phi 0.008$	
		$\phi 9.985$			
$\phi 9.978$					
	遵守最小实体要求 Ⓛ	$\phi 10.25$	$\phi 0.4$	0	单一实效边界尺寸 $\phi 10.65$
		$\phi 10.20$	$\phi 0.45$	$\phi 0.05$	
		$\phi 10.15$	$\phi 0.50$	$\phi 0.10$	
		$\phi 10.10$	$\phi 0.55$	$\phi 0.15$	
		$\phi 10.05$	$\phi 0.60$	$\phi 0.20$	
$\phi 10$	$\phi 0.65$	$\phi 0.25$			
	可逆要求应用于最小实体要求 ⓁⓇ	$\phi 10.25$	$\phi 0.40$	0	单一实效边界尺寸 $\phi 10.65$
		$\phi 10.35$	$\phi 0.30$	$\phi 0.1$	
		$\phi 10.45$	$\phi 0.20$	$\phi 0.2$	
		$\phi 10.55$	$\phi 0.10$	$\phi 0.3$	
		$\phi 10.65$	0	$\phi 0.4$	
	可逆要求应用于最大实体要求 ⓂⓇ	$\phi 10$	$\phi 0.01$	0	单一实效边界尺寸 $\phi 10.01$
		$\phi 10.005$	$\phi 0.005$	$\phi 0.005$	
		$\phi 10.010$	0	$\phi 0.010$	

### 1.3.3 安全裕度和验收极限

当采用普通测量器具测量孔、轴尺寸时,由于测量误差的存在,被测尺寸的真值可能大于或小于其测量结果。因此,如果只根据测量结果是否超出图样给定的极限尺寸来判断其合格性,即以极限尺寸作为验收极限,当测量结果处于最大或最小极限尺寸附近时,有可能造成对产品合格性的误判。为了避免误判,在验收产品时,我们采用的验收方法应只接收位于规定的尺寸极限之内的工件,为此需要根据被测件的精度高低和相应的极限尺寸,确定其安全裕度  $A$  和验收极限。

#### (1) 安全裕度 $A$

安全裕度  $A$  是测量中总不确定度的允许值,主要由两部分组成:测量器具不确定度允许值  $\mu_1$ 、测量条件引起的测量不确定度允许值  $\mu_2$ 。 $\mu_1$  表征由计量器具内在误差所引起的测得的实际尺寸对真实尺寸可能分散的范围, $\mu_2$  表征测量过程中由温度、压陷效应及工件形状误差等因素所引起的测得的实际尺寸对真实尺寸可能分散的范围,故计量器具的选择按  $\mu_1$  来选。

GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS) 光滑工件尺寸的检验》中规定的  $A$  值列于表 1.2。

#### (2) 验收极限

验收极限是检验工件尺寸时判断合格与否的具有一定置信水平的尺寸界限。

##### 1) 内缩方式

为了保证被判断为合格的零件的真值不超出设计规定的极限尺寸,根据 GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS) 光滑工件尺寸的检验》的适用范围,当尺寸公差精度等级较高和采用包容要求时有配合要求的尺寸,如图 1.2 所示,应采用内缩方式对零件尺寸进行验收。

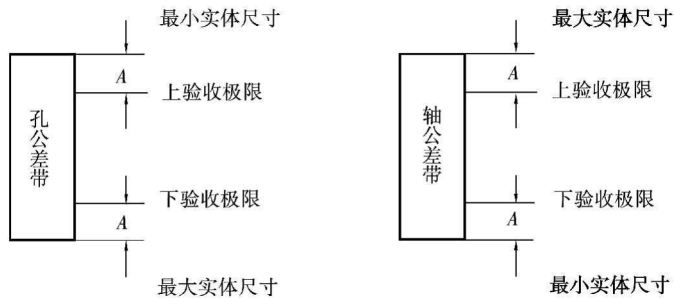


图 1.2 孔和轴的验收极限



续表

公差等级 公差尺寸 /mm	12			13			14			15			16			17			18										
	T	$\mu_1$		T	$\mu_1$		T	$\mu_1$		T	$\mu_1$		T	$\mu_1$		T	$\mu_1$		T	$\mu_1$									
		A	I		II	A		I	II		A	I		II	A		I	II		A	I	II							
—	3	100	10	9	15	140	14	13	21	250	25	23	38	400	40	36	60	600	60	54	90	1 000	100	90	150	1 400	140	135	210
3	6	120	12	11	18	180	18	16	27	300	30	27	45	480	48	43	72	750	75	68	110	1 200	120	110	180	1 800	180	160	270
6	10	150	15	14	23	220	22	20	33	360	36	32	54	580	58	52	87	900	90	81	140	1 500	150	140	230	2 200	220	200	330
10	18	180	18	16	27	270	27	24	41	430	43	39	65	700	70	63	110	1 100	110	100	170	1 800	180	160	270	2 700	270	240	400
18	30	210	21	19	32	330	33	30	50	520	52	47	78	840	84	76	130	1 300	130	120	200	2 100	210	190	320	3 300	330	300	490
30	50	250	25	23	38	390	39	35	59	620	62	56	93	1 000	100	90	150	1 600	160	140	240	2 500	250	220	380	3 900	390	350	580
50	80	300	30	27	45	460	46	41	69	740	74	67	110	1 200	120	110	180	1 900	190	170	290	3 000	300	270	450	4 600	460	410	690
80	120	350	35	32	53	540	54	49	81	870	87	78	130	1 400	140	130	210	2 200	220	200	330	3 500	350	320	530	5 400	540	480	810
120	180	400	40	36	60	630	63	57	95	1 000	100	90	150	1 600	160	150	240	2 500	250	230	380	4 000	400	360	600	6 300	630	570	940
180	250	460	46	41	69	720	72	65	110	1 150	115	100	170	1 850	180	170	280	2 900	290	260	440	4 600	460	410	690	7 200	720	650	1 080
250	315	520	52	47	78	810	81	73	120	1 300	130	120	190	2 100	210	190	320	3 200	320	290	480	5 200	520	470	780	8 100	810	730	1 210
315	400	570	57	51	86	890	89	80	130	1 400	140	130	210	2 300	230	210	350	3 600	360	320	540	5 700	570	510	860	8 900	890	800	1 330
400	500	630	63	57	95	970	97	87	150	1 500	150	140	230	2 500	250	230	380	4 000	400	360	600	6 300	630	570	950	9 700	970	870	1 450

孔尺寸的验收极限:

$$\text{上验收极限} = \text{最小实体尺寸 } D_L - \text{安全裕度 } A$$

$$\text{下验收极限} = \text{最大实体尺寸 } D_M + \text{安全裕度 } A$$

轴尺寸的验收极限:

$$\text{上验收极限} = \text{最大实体尺寸 } d_M - \text{安全裕度 } A$$

$$\text{下验收极限} = \text{最小实体尺寸 } d_L + \text{安全裕度 } A$$

## 2) 不内缩方式

安全裕度  $A$  等于零,即验收极限等于工件的最大实体尺寸或最小实体尺寸。对于非配合尺寸和一般公差尺寸,可按不内缩方式确定验收极限。

### 1.3.4 测量器具的选择

检验公差等级为 IT6 ~ IT18 级、基本尺寸至 500 mm 的光滑工件,应按 GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS)光滑工件尺寸的检验》中的规定选择测量器具。测量器具的不确定度不大于表 1.2 的允许值  $\mu_1$ ,一般情况下优先选用 I 档。

部分常用测量器具的不确定度见表 1.3、表 1.4。

[例] 被测工件为  $\phi 35e9$  的轴,试确定验收极限,并选择合适的测量器具。

解:

①确定安全裕度  $A$  和测量器具不确定度允许值  $u_1$ 。

按工件基本尺寸 35 mm 在尺寸(30 ~ 50 mm)之间,则可得

工件的极限偏差  $e9$  :  $es = -0.050$   $ei = -0.112$

该工件的公差为 0.062 mm,从表 1.2 查得: $A = 0.0062$ ,  $\mu_1 = 0.0056$ 。

②选择测量器具。

按工件基本尺寸 35 mm 在尺寸 0 ~ 50 mm 之间,从表 1.3 查知,分度值为 0.01 mm 的外径千分尺的不确定度允许值  $\mu_1$  为 0.004 mm,小于允许值 0.0056 mm,可满足使用要求。

③计算验收极限。

$$\text{上验收极限} = d_{max} - A = (35 - 0.050 - 0.0062) \text{ mm} = 34.9438 \text{ mm}$$

$$\text{下验收极限} = d_{min} + A = (35 - 0.112 + 0.0062) \text{ mm} = 34.8942 \text{ mm}$$

表 1.3 千分尺和游标卡尺的不确定度

尺寸范围	测量器具类型			
	分度值 0.01 mm 外径千分尺	分度值 0.01 mm 内径百分尺	分度值 0.02 mm 游标卡尺	分度值 0.05 mm 游标卡尺
	不 确 定 度			
0 ~ 50	0.004	0.008	0.020	0.020
50 ~ 100	0.005			
100 ~ 150	0.006			
150 ~ 200	0.007	0.013		0.100
200 ~ 250	0.008			
250 ~ 300	0.009			
300 ~ 350	0.010	0.020	/	
350 ~ 400	0.011			
400 ~ 450	0.012			
450 ~ 500	0.013	0.025		/
500 ~ 600	/			
600 ~ 700	/			
700 ~ 800	/	0.030	/	
				0.150

表 1.4 比较仪和指示表的不确定度

单位: mm

测量器具			尺 寸 范 围								
名称	分度值	放大倍数 或 量程范围	≤25	>25 ~40	>40 ~65	>65 ~90	>90 ~115	>115 ~165	>165 ~215	>215 ~265	>265 ~315
			不 确 定 度								
比较仪	0.005	2 000 倍	0.000 6	0.000 7	0.000 8	0.000 9	0.001 0	0.001 2	0.001 4	0.001 6	
	0.001	100 倍	0.001 0		0.001 1	0.001 2	0.001 3	0.001 4	0.001 6	0.001 7	
	0.002	400 倍	0.001 7	0.001 8		0.001 9		0.002 0	0.002 1	0.002 2	
	0.005	250 倍	0.003 0				0.003 5				
千分表	0.001	0 级全程内	0.005				0.006				
		1 级 0.2 mm 内									
	0.002	1 转内	0.010				/				
	0.001	1 级全程内									
	0.002										
	0.01	0 级全程内	0.018				/				
1 级 1 mm 内											
1 级全程内		0.030									/

### 1.3.5 扭簧比较仪原理及介绍

扭簧比较仪是应用最为广泛的一种精密机械式量仪,由于使用量大面广,已和千分表、百分表及游标卡尺一起被计量和量修部门列为常用长度计量器具的四大件。这种量仪具有机械式量仪结构、成本低廉、操作方便,且适用于生产的特点。该量仪传动链中无间隙、无磨损、无空行程,因此几乎没有回程误差和测力落差,并具有很高的精度和灵敏度。不但被广泛用于车间条件下的精密测量,而且常被计量部门用来测量各种标准件及检定基准量块。

扭簧比较仪是用扭簧作为尺寸的转换和放大的转动机构,将测量杆的直线位移转变为指针在弧形分度盘上角位移的计量器具。图 1.3(a)为扭簧比较仪的外形图,图 1.3(b)为其结构原理示意图。仪器的主要元件灵敏弹簧片的剖面是长方形的磷青铜簧片(例如,横截面为  $0.01\text{ mm}\times 0.25\text{ mm}$ ),簧片由中间向左右两端扭曲而成为扭簧片,它的一端被固定在可调整的弓形架上,另一端则固定在弹性杠杆 3 的一个支臂上,弹性杠杆 3 的另一端与量测杆 4 的上部相连,指针 1 安装在灵敏扭簧片 2 的中部。当量测杆 4 有微小的位移上升或下降时,则带动弹性杠杆 3 摆动,弹性杠杆 3 的摆动将使灵敏扭簧片 2 伸长或缩短,使灵敏扭簧片 2 在中央处发生扭转,从而使连在灵敏扭簧片 2 中间的指针 1 偏转一个角度,其大小与灵敏扭簧片 2 的伸长或缩短的大小成比例,也就是说,与量测杆的微小位移成比例。

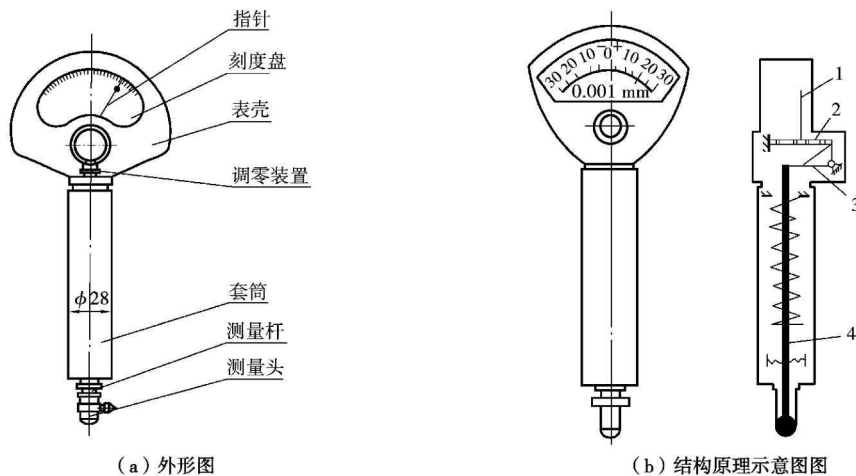


图 1.3 扭簧比较仪

1—指针;2—灵敏扭簧片;3—弹性杠杆;4—量测杆

扭簧比较仪测量轴径是采用比较测量的方法进行的,可用具有确定尺寸  $L$  的量块调零后,测量轴的直径,比较仪的示值就是量块  $L$  与轴径  $X$  的量值之差  $\Delta L$ 。因此,实际被测轴径  $X=L+\Delta L$ 。

### 1.3.6 内径百分表原理及介绍

内径百分表是用来测量孔径及其形状精度的一种精密比较量具。测量时的基本尺寸是

由百分表、环规和量块及量块附件的组合物其他量具提供,它采用相对测量法测量内径,特别适宜于测量深孔。根据被测孔径的大小不同,应选用不同长度的固定量柱。仪器的测量范围取决于固定量柱的范围。

内径百分表由百分表和装有杠杆系统的测量装置组成,其结构如图 1.4 所示。在三通管 3 的一端装着活动测量头 1,另一端装着可换测量头 2,垂直管口一端,通过连杆 4 装有百分表 5。活动测量头 1 的移动,使传动杠杆 7 回转,通过活动杆 6,推动百分表的测量杆,使百分表指针产生回转。由于杠杆 7 的两侧触点是等距离的,当活动测头移动 1 mm 时,活动杆也移动 1 mm,推动百分表指针回转一圈。因此,活动测头的移动量,可以在百分表上读出来。

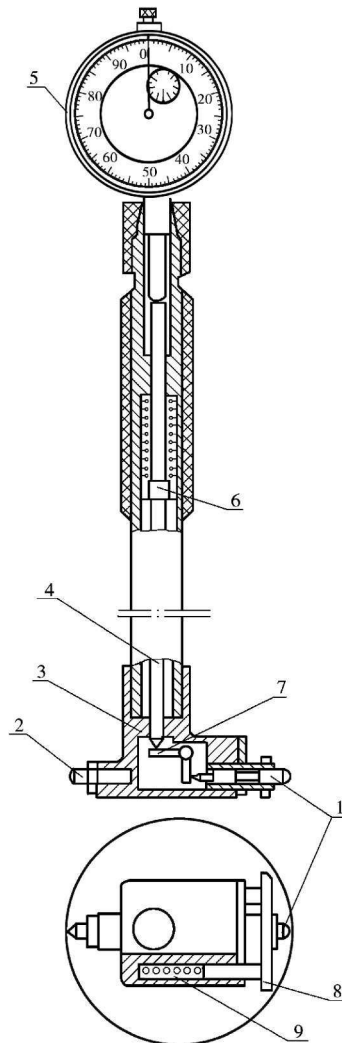


图 1.4 内径百分表

- 1—活动测量头;2—可换测量头;3—三通管;4—连杆;  
5—百分表;6—活动杆;7—杠杆;8—定心护桥;9—弹簧

两触点量具在测量内径时,不容易找正孔直径方向,定心护桥8和弹簧9就起了一个帮助找正直径位置的作用,使内径百分表的两个测量头正好在内孔直径的两端。活动测头的测量压力由活动杆6上的弹簧控制,保证测量压力一致。

内径百分表测量孔径是采用比较测量的方法进行的。可用具有确定内尺寸 $L$ 的标准圆环或用装在量块夹中的量块组成的确定尺寸来调整内径百分表的示值零位,然后用它测量被测孔径,指示表的示值即为实际被测孔径对确定尺寸 $L$ 的偏差 $\Delta L$ 。因此,实际被测孔径 $X=L+\Delta L$ 。

## 1.4 实验步骤

### 1.4.1 用扭簧比较仪测量轴径

#### 1) 检查比较仪

不得有影响使用性能的外观缺陷,测量杆移动应平稳、灵活,无卡滞现象。

#### 2) 组合量块

按被测轴的基本尺寸组合量块。

#### 3) 调整仪器零位

如图1.5所示,将量块组1置于工作台10的中央,并使测头9对准量块上的测量面中央。松开臂架紧固螺钉6,转动升降螺母5,使臂架7缓慢下降,直到测头与量块上的测量面轻微接触(即指针开始出现在刻度盘上),将紧固螺钉6拧紧。细调节:转动微调螺母11,直至指针与刻度尺零线接近为止。微调节:转动微调旋钮12,使刻度尺上零位与指针重合。

#### 4) 测量轴径

提升测头9,取出量块,将被测零件放在工作台上,然后将被测零件来回移动(要保持与台面接触),记下指针的最大读数(即指针的转折点位置)。该数值为外径实际尺寸与其量块组合尺寸的偏差。如图1.6所示,在 $ABC$ 的3个横截面上及每个截面相互垂直的两个方向上,共测6个点,并记入实验报告中。

#### 5) 零件合格性的评定

按照1.3.2小节方法评定零件的合格性。

所测6处直径的实际偏差中 $E_{a\max}$ 和 $E_{a\min}$ 都应在上下验收极限所限定的区域内,该轴直径才是合格的,即

$$ES - A \geq E_{a\max} \text{ 和 } E_{a\min} \geq EI + A$$

式中  $A$ ——安全裕度；

$E_{a\max}$ ——轴径的最大实际偏差；

$E_{a\min}$ ——轴径的最小实际偏差。

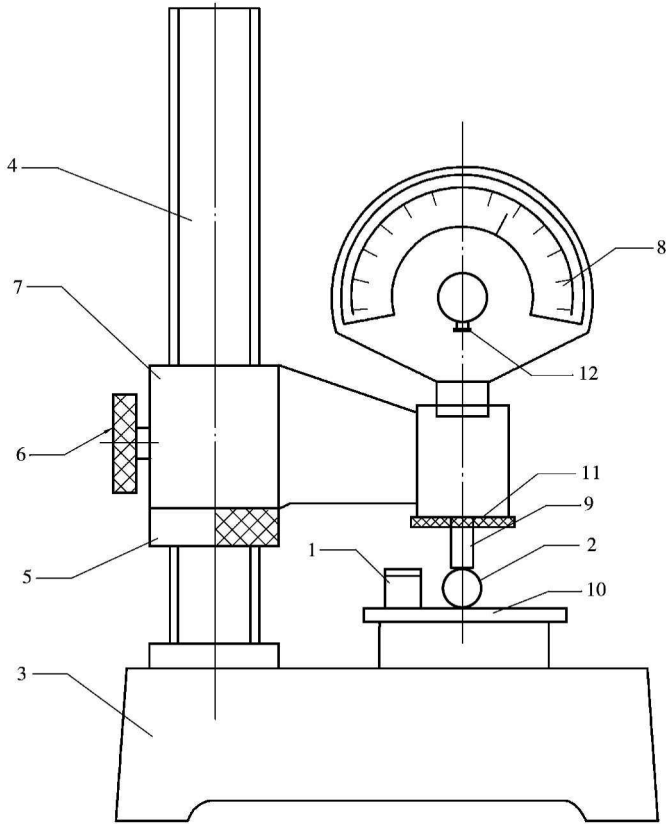


图 1.5 比较仪检验台结构图

1—量块组；2—被测工件；3—底座；4—立柱；5—升降螺母；6—紧固螺钉；  
7—臂架；8—扭簧比较仪；9—测头；10—工作台；11—微调螺母；12—微调旋钮

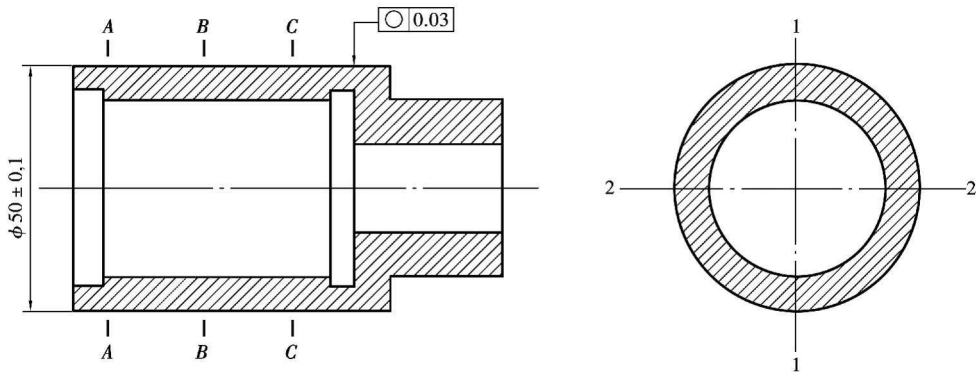


图 1.6 测量位置